

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT (Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 23 FEB 2005

PCT

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P801007/WO/01	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/PEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 03/10651	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 25.09.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 08.10.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G05B11/32		
Anmelder MTU AERO ENGINES GMBH ET AL.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.



2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

- ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 16 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheids
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2 a)ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  12.03.2004	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  22.02.2005
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Roberts, N  Tel. +49 89 2399-2742 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):

**Beschreibung, Seiten**

1-12 eingegangen am 13.10.2004 mit Schreiben vom 11.10.2004

**Ansprüche, Nr.**

1-16 eingegangen am 13.10.2004 mit Schreiben vom 11.10.2004

**Zeichnungen, Blätter**

1/1 in der ursprünglich eingereichten Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um:

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,      Seiten:
- ☐ Ansprüche,      Nr.:
- ☐ Zeichnungen,      Blatt:

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER  
PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 03/10651

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen.)*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

**V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

- |                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Feststellung                |                                       |
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1-16<br>Nein: Ansprüche |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche 1-16<br>Nein: Ansprüche |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche 1-16<br>Nein: Ansprüche |

2. Unterlagen und Erklärungen:

**siehe Beiblatt**

1. Anspruch 7 ist aus folgenden Gründen nicht klar (Art. 6 PCT):

- a) In den Zeilen 14-16 vom Anspruch 7 wird definiert, dass die Regelgrößen (12, 13) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27) miteinander verrechnet werden. Dies scheint jedoch nicht der Fall zu sein, wie unten dargelegt:
- b) Aus Seite 5 (Zeile 8) der Beschreibung ist zu entnehmen, dass Regelgröße 12 der Drehzahl des Propellers ( $n_p$ ) entspricht. Dies wird laut Figur 1 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 als Eingangssignal 12 zur Verfügung gestellt.
- c) Aus Seite 6 (Zeile 8-11) der Beschreibung ist zu entnehmen, dass die Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 als Ausgangsgröße 20 die Regelgröße 12 (nämlich dieselbe Drehzahl des Propellers  $n_p$ ) ausgibt.
- d) Dies bedeutet, im Falle der Regelgröße 12, dass keine Verrechnung mit der anderen Regelgröße (Regelgröße 13) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27) stattfindet.

2. In dem kennzeichnenden Teil von unabhängigen Anspruch 1 wird definiert, dass die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) von einer istwertabhängigen Vorsteuerungskomponente überlagert werden. In dem kennzeichnenden Teil von den unabhängigen Ansprüchen 7 und 12 wird hingegen definiert, dass die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) mit einer istwertabhängigen Vorsteuerungskomponente verrechnet werden. Damit erfüllt der Anspruchssatz nicht die Erfordernisse nach Art. 6 PCT, da die Terminologie, die zur Definition eines erfindungswesentlichen Merkmal dient, nicht einheitlich verwendet wird.

3. Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1: WADE H L: 'INVERTED DECOUPLING: A NEGLECTED TECHNIQUE' ADVANCES IN INSTRUMENTATION AND CONTROL, INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, RESEARCH

TRIANGLE PARK, US, Bd. 51, Nr. PART 1, 1996, Seiten 357-369, XP000640494 ISSN: 1054-0032.

4. D1 wird als nächstliegender Stand der Technik angesehen. Die unabhängigen Ansprüche 1, 7 und 12 sind in der richtigen zweiteiligen Form gegenüber diesem Dokument abgefaßt (Regel 6.3(b) PCT).
5. Die unabhängigen Ansprüche 1, 7 und 12 definieren, dass zur Berechnung der Stellgrößen (14, 15) auf Basis der Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) eine istwertabhängige Vorsteuerungskomponente verwendet wird.
6. Durch dieses Merkmal, in Kombination mit den übrigen Merkmalen der unabhängigen Ansprüche wird erreicht, dass die Nichtlinearität der Regelstrecke kompensiert wird. Gegenüber dem Stand der Technik und dem Allgemeinwissen des Fachmanns wird das Erreichen dieses Effektes auf diese Art und Weise als nicht naheliegend betrachtet. Damit erfüllen die unabhängigen Ansprüche 1, 7 und 12 die Erfordernisse nach Art. 33(3) PCT.
7. Bei Eintritt in die Nationale bzw. Regionale Phase, insbesondere vor dem Europäischen Patentamt, wären Änderungen vorzunehmen, um die unter Punkt 1 und 2 dieses Berichts erhobenen Einwände zu beseitigen. Darüber hinaus wären die verbleibenden abhängigen Ansprüche an die neuen unabhängigen Ansprüche 1, 7 and 12 anzupassen.

Mehrgrößenregelungssystem und Verfahren  
zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke

Die Erfindung betrifft ein Mehrgrößenregelungssystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7 und ein Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12.

10 Ausgangspunkt für die Regelungstechnik oder eine Regelungsaufgabe ist eine Anlage bzw. Einrichtung, für welche eine zeitveränderliche Größe in bestimmter Weise beeinflusst werden soll. Die zuregelnde Größe bezeichnet man als Regelgröße, die gegebene Anlage bzw. Einrichtung als Regelstrecke. Die Regelgröße ist eine Ausgangsgröße der Regelstrecke und einen gemessenen Wert der Regelgröße bezeichnet man als Istwert  
15 derselben. Die Regelgröße soll so beeinflusst werden, dass die Regelgröße einer gewünschten Größe entspricht, die als Sollwert bezeichnet wird. Der tatsächliche Istwert der Regelgröße wird mit dem gewünschten Sollwert verglichen, wobei die entsprechende Abweichung – eine sogenannte Regeldifferenz – einem Regler zugeführt wird. Auf Basis der Regeldifferenz erzeugt der Regler eine Stellgröße zur Beeinflussung der Regelstrecke, wobei die Stellgröße eine Eingangsgröße der Regelstrecke ist.

20 Es sind häufig Regelstrecken zu regeln, in denen mehrere zeitveränderliche Größen – also mehrere Regelgrößen – beeinflusst und damit geregelt werden sollen. Solche Regelstrecken bezeichnet man als Mehrgrößenregelstrecke oder auch Mehrfachregelstrecke. Beispiele für solche Mehrgrößenregelungsaufgaben sind:

- 25
- Propellertriebwerke wie zum Beispiel Turboprop-Triebwerke für Luftfahrzeuge, bei welchen Drehzahl und Leistung eines Propellers geregelt werden sollen,
  - Destillationskolonnen, bei welchen Flüssigkeitsstand und Temperaturen in Sumpf und Kopf der Kolonne geregelt werden sollen, oder
  - 30 - Klimaregelungen, bei welchen Temperatur und Feuchtigkeit eines Raums zu regeln sind.

Die vorliegende Erfindung betrifft solche Mehrgrößenregelungssysteme bzw. Mehrgrößenregelstrecken. Wenn nachfolgend die Erfindung am Beispiel einer Regelung eines Propellertriebwerks eines Flugzeugs exemplarisch beschrieben wird, so soll die Erfindung jedoch nicht auf diesen speziellen Anwendungsfall beschränkt sein, selbst wenn  
5 die Erfindung für diesen Anwendungsfall besonders vorteilhaft verwendet werden kann.

Bei solchen Mehrgrößenregelungssystemen bestehen in der Regel zwischen den mehreren Regelgrößen und den mehreren Stellgrößen Kopplungen der Art, dass eine Stellgröße nicht nur auf eine sondern auf mehrere Regelgrößen wirkt. Weiterhin treten in der Regel  
10 Nichtlinearitäten zwischen den mehreren Stellgrößen und den mehreren Regelgrößen auf. Die Kopplungen und die Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen stellen erhebliche Schwierigkeiten für den Entwurf eines geeigneten Reglers dar, insbesondere dann, wenn über den gesamten Betriebsbereich der Regelstrecke hinweg ein optimales Regelungsergebnis gefordert ist, und nicht lediglich im Bereich eines  
15 bevorzugten Betriebspunkts der Regelstrecke.

Wade, Harold L. : „Inverted Decoupling: A Neglected Technique“, Advances In Instrumentation And Control, Instrument Society of America, Bd. 51, S. 357-369, 1996 und US 5,4403,074 offenbaren ein Mehrgrößenregelungssystem, mit einer  
20 Mehrgrößenregelstrecke, wobei die Mehrgrößenregelstrecke mehrere Stellgrößen als Eingangsgrößen und mehrere Regelgrößen als Ausgangsgrößen aufweist, mit mehreren Vergleichseinrichtungen zur Ermittlung von Regelabweichungen, mit mehreren Reglern, wobei jedem Regler eine Regelabweichung als Eingangsgröße zuführbar ist, und mit einer Umrechnungseinrichtung, deren Eingangsgrößen die von den Reglern bereitgestellten  
25 Ausgangsgrößen sind, wobei die Umrechnungseinrichtung zumindest aus den Ausgangsgrößen der Regler die Stellgrößen für die Mehrgrößenregelstrecke berechnet.

Aus Gräser, Axel: „ Querprofilregelung in der Papierindustrie – Sensoren und Aktuatoren als bestimmende Elemente der Regelgüte“, Automatisierungstechnik, Oldenbourg Verlag,  
30 Bd. 45, S. 271-281, 1997 geht ein Regelverfahren mit einer Entkopplung der Einzelkreise und einer Kompensation der Streckenkopplung als bekannt hervor.

Mit den aus dem Stand der Technik bekannten Mehrgrößenregelungssystemen bzw. Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke ist es bislang jedoch nicht oder nur unzureichend möglich, Mehrgrößenregelstrecken mit Kopplungen und Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen zufriedenstellend zu regeln.

5

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein verbessertes Mehrgrößenregelungssystem und ein verbessertes Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke, insbesondere zum Regeln eines Propellertriebwerks, zu schaffen.

- 10 Dieses Problem wird durch ein Mehrgrößenregelungssystem gemäß Patentanspruch 1 und ein Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke gemäß Patentanspruch 7 gelöst. Das Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks umfasst die Merkmale des Patentanspruchs 12.

- 15 Erfindungsgemäß überlagert die Umrechnungseinrichtung bei der Berechnung der Stellgrößen den Ausgangsgrößen der Regler eine von Istwerten der Regelgrößen abhängige Vorsteuerkomponente. Hierdurch lässt sich eine gute Entkopplung der Stellgrößen und der Regelgrößen der Mehrgrößenregelstrecke erzielen, die der Kompensation der Strecken-Nichtlinearität dient.

20

Vorzugsweise sind eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung und eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung vorhanden. Die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke – also die Regelgrößen – sind der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung als Eingangsgrößen zuführbar, wobei die erste Regelgrößen-

25 Umrechnungseinrichtung aus den Regelgrößen Ausgangsgrößen ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen als erste Eingangsgrößen zuführbar sind. Des weitern sind Sollwerte der Regelgrößen der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung als Eingangsgrößen zuführbar, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung aus den Sollwerten Ausgangsgrößen ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen als zweite

30 Eingangsgrößen zuführbar sind. Das Regelungsergebnis wird durch die Regelgrößenumrechnung optimiert und die Struktur der Regelung erheblich vereinfacht.



Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der  
5 Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: einen Regelkreis für ein Propellertriebwerk zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Mehrgrößenregelungssystems und des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Mehrgrößenregelungssystem 10. Das in Fig. 1 gezeigte Mehrgrößenregelungssystem 10 verdeutlicht die Erfindung für ein Ausführungsbeispiel, bei welchem eine zu regelnde Mehrgrößenregelstrecke 11 als Propellertriebwerk eines Flugzeugs ausgebildet ist. Obwohl die hier vorliegende Erfindung für diesen  
15 Anwendungsfall besonders geeignet ist, kann das erfindungsgemäße Regelungskonzept auch bei anderen Mehrgrößenregelstrecken zum Einsatz kommen.

Wie Fig. 1 zeigt, sollen bei der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 eine Propellerdrehzahl  $n_P$  und eine Propellerleistung  $P_{PR}$  als  
20 Regelgrößen 12, 13 geregelt werden. Die beiden Regelgrößen 12, 13 stellen die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke 11 dar.

Als Eingangsgrößen werden der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 zwei Stellgrößen 14, 15 als Eingangsgrößen zugeführt. Bei der  
25 ersten Stellgröße 14 handelt es sich bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel um einen Propellerblatteinstellwinkel  $\beta$ . Bei der zweiten Stellgröße 15 handelt es sich um einen Brennstoffstrom  $w_F$ .

Bei dem Propellertriebwerk handelt es sich demnach um eine Mehrgrößenregelstrecke 11 mit zwei Eingangsgrößen und zwei Ausgangsgrößen. Zwischen den Eingangsgrößen, nämlich den Stellgrößen 14, 15, und den Ausgangsgrößen, also den Regelgrößen 12 und 13, der als Propellertriebwerk ausgebildeten Mehrgrößenregelstrecke 11 bestehen starke  
30 Kopplungen und Nichtlinearitäten. Mithilfe des erfindungsgemäßen

Mehrgrößenregelungssystems 10 bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Regeln der Mehrgrößenregelstrecke 11 wird eine Lösung vorgeschlagen, mit der die Kopplungen und Nichtlinearitäten zwischen den Stellgrößen 14, 15 und Regelgrößen 12, 13 weitestgehend eliminiert werden können und somit auch über einen breiten Betriebsbereich der zuregelnden Mehrgrößenregelstrecke 11 ein optimiertes Regelungsergebnis unter Verwendung einfacher Reglerstrukturen erzielt werden kann.

Wie bereits erwähnt, soll als erste Regelgröße 12 die Drehzahl des Propellers  $n_P$  und als zweite Regelgröße 13 die Leistung des Propellers  $P_{PR}$  geregelt werden. Gemessene Werte dieser Regelgrößen 12, 13 bezeichnet man als Istwerte. Es liegt nun im Sinne der Regelungsaufgabe, dass die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 mit entsprechenden Sollwerten 16, 17 für die Drehzahl des Propellers und die Leistung des Propellers in Übereinstimmung gebracht werden. So zeigt Fig. 1 als ersten Sollwert 16 einen Sollwert für die Propellerdrehzahl  $n_{Psoll}$  sowie als zweiten Sollwert 17 einen Sollwert für die Leistung des Propellers  $P_{PRsoll}$ .

Erfindungsgemäß werden die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 mit den Sollwerten 16, 17 derselben nicht unmittelbar verglichen. Vielmehr ist sowohl für die Istwerte der Regelgrößen 12, 13 als auch für die korrespondierenden Sollwerte 16, 17 jeweils eine Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18, 19 vorhanden.

Eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 ist den gemessenen Istwerten der Regelgrößen 12, 13 zugeordnet. Eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 ist hingegen den korrespondierenden Sollwerten 16, 17 zugeordnet. Die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 ermittelt aus den Istwerten der Regelgrößen 12, 13 Ausgangsgrößen 20, 21. Entsprechend ermittelt die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 aus den Sollwerten 16, 17 die Ausgangsgrößen 22, 23. Die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 werden Vergleichseinrichtungen 24, 25 als Eingangsgrößen zugeführt. In den Vergleichseinrichtungen 24, 25 werden die entsprechenden Ausgangsgrößen 20, 21, 22, 23 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 miteinander verrechnet. Hierauf wird weiter unten noch in größerem Detail eingegangen.

Vorab soll an dieser Stelle auf die in den Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 durchgeführten Umrechnungen der Istwerte der Regelgrößen 12, 13 sowie deren Sollwerte 16, 17 eingegangen werden. So stellt die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19, der als Eingangsgrößen die Regelgrößen 12, 13 - also Istwerte der Propellerdrehzahl  $n_P$  sowie der Propellerleistung  $P_{PR}$  zugeführt werden - zwei Ausgangsgrößen 20, 21 bereit, die aus den Eingangsgrößen der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und aus Kennwerten der Mehrgrößenregelstrecke 11 berechnet werden. So gibt im gezeigten Ausführungsbeispiel die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 als erste Ausgangsgröße 20 die Regelgröße 12, also die Propellerdrehzahl  $n_P$ , als erste Ausgangsgröße aus. Als zweite Ausgangsgröße 21 hingegen wird von der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 eine aus den Istwerten der Regelgrößen 12, 13 ermittelte Größe ausgegeben, nämlich im gezeigten Ausführungsbeispiel ein ermittelter Wert einer Turbinenleistung  $P_{LPT}$ . Der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 werden demnach als Eingangsgrößen die Propellerdrehzahl  $n_P$  und die Propellerleistung  $P_{PR}$  zugeführt. Als Ausgangsgrößen 20, 21 gibt die Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 die Propellerdrehzahl  $n_P$  und die Turbinenleistung  $P_{LPT}$  aus. Zur Ermittlung der Turbinenleistung  $P_{LPT}$  aus den Regelgrößen 12, 13 wird nach folgender Gleichung vorgegangen:

20

$$P_{LPT} = P_{PR} + n_P * \frac{dn_P}{dt} * \Theta * 4\pi^2$$

wobei gilt:

25

$P_{LPT}$  = Turbinenleistung,

$P_{PR}$  = Propellerleistung,

$n_P$  = Propellerdrehzahl,

$\frac{dn_P}{dt}$  = 1. Ableitung der Propellerdrehzahl,

$\Theta$  = Massenträgheitsmoment des Propellertriebwerks.

30

Unter Verwendung der obigen Gleichung können aus den Regelgrößen 12, 13 in der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 auf einfache Weise die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung ermittelt werden.

In analoger Weise wird die obige Gleichung auch in der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 verwendet, in der aus den Sollwerten 16, 17 die Ausgangsgrößen 22, 23 errechnet werden.

5

In die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 ist zusätzlich noch eine Zeitverzögerungseinrichtung für den Sollwert der Propellerdrehzahl integriert. Die Ausgangsgröße 22 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 entspricht damit dem Sollwert für die Propellerdrehzahl  $n_{Psoll}$  mit einer Zeitverzögerung von vorzugsweise 200

10 Millisekunden. Durch diese zeitverzögerte Durchleitung des Sollwerts für die Propellerdrehzahl wird der dynamische Zeitverzögerungseffekt des Propellertriebwerks ausgeglichen.

15

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 auch als Hilfs-Regelgrößen und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 auch als Hilfs-Sollwerte bezeichnet werden können.

20

Wie bereits oben erwähnt, werden die Ausgangsgrößen 20, 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 und die Ausgangsgrößen 22, 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 den Vergleichseinrichtungen 24, 25 als Eingangsgrößen

zugeführt. Wie Fig. 1 zeigt, werden einer ersten Vergleichseinrichtung 24 die Ausgangsgrößen 20, 22 der Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 zugeführt. Im

gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich hierbei um die umgerechneten Istwerte und

25 Sollwerte für die Propellerdrehzahl  $n_p$ . In der Vergleichseinrichtung 24 wird eine Differenz zwischen diesem Hilfs-Sollwert für die Propellerdrehzahl und dem Hilfs-Istwert für die Propellerdrehzahl gebildet und hieraus eine Regelabweichung 26 für die Propellerdrehzahl errechnet. Die Regelabweichung für die Propellerdrehzahl ist in Fig. 1 mit  $n_{Perr}$  bezeichnet.

30

Analog wird in der zweiten Vergleichseinrichtung 25 eine Differenz zwischen der Ausgangsgröße 23 der zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 18 und der Ausgangsgröße 21 der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung 19 errechnet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird demnach in der zweiten Vergleichseinrichtung 25 eine

Differenz zwischen einem errechneten Istwert der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung  $P_{LPT}$  und einem entsprechend errechneten Sollwert für diese Hilfs-Regelgröße ermittelt. Eine korrespondierende Regelabweichung 27 zwischen dem Istwert und dem Sollwert der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung ist in Fig. 1 mit

5  $P_{LPTerr}$  bezeichnet.

Die Regelabweichungen 26, 27 der Hilfsregelgrößen 20, 21 werden gemäß Fig. 1 Reglern 28, 29 zugeführt. Einem ersten Regler 28 wird die Regelabweichung 26 der Hilfs-Regelgröße 20 zugeführt. Bei der dem ersten Regler 28 zugeführten Regelabweichung 26  
10 handelt es sich demnach um die Regeldifferenz zwischen dem Hilfs-Sollwert 22 der Propellerdrehzahl und dem Hilfs-Istwert 20 für die Propellerdrehzahl. Der erste Regler 28 ist demnach als Drehzahlregler ausgebildet. Aus der Regelabweichung 26 ermittelt der erste Regler 28 eine Ausgangsgröße 30 desselben. Bei der Ausgangsgröße 30 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine Drehmomentanforderung  $\Delta T$ .

15

Analog wird einem zweitem Regler 29 die Regelabweichung 27 der Hilfs-Regelgröße 21 zugeführt. Bei der Regelabweichung 27 handelt es sich also um die Differenz zwischen dem Sollwert 23 und dem entsprechenden Istwert 20 der als Hilfs-Regelgröße dienenden Turbinenleistung  $P_{LPT}$ . Der zweite Regler 29 ist demzufolge als Leistungsregler ausgebildet.  
20 Aus der Regelabweichung 27 ermittelt der zweite Regler 29 eine Ausgangsgröße 31. Bei der Ausgangsgröße 31 des zweiten Reglers 29 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel um eine Leistungsanforderung  $\Delta P$ .

25

Die beiden Regler 28, 29 können zum Beispiel als PID-Regler ausgebildet sein. Die Ermittlung geeigneter Reglerparameter obliegt dem angesprochenem Fachmann.

30

Die Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 werden nicht unmittelbar als Stellgrößen für die Mehrgrößenregelstrecke 11 verwendet, sondern vielmehr einer Umrechnungseinrichtung 32 zugeführt. Die Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 dienen demnach der Umrechnungseinrichtung 32 als Eingangsgrößen. In der Umrechnungseinrichtung 32 werden die Ausgangsgrößen 30, 31 miteinander verrechnet. Die Umrechnungseinrichtung 32 ermittelt aus den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 und aus Kennwerten der Mehrgrößenregelstrecke 11 die Stellgrößen 14, 15 für die

Mehrgrößenregelstrecke 11. Im gezeigten Ausführungsbeispiel bedeutet dies, dass der Umrechnungseinrichtung 32 als Eingangsgrößen die Drehmomentanforderung  $\Delta T$  und die Leistungsanforderung  $\Delta P$  als Eingangsgrößen zugeführt werden. Aus diesen beiden Eingangsgrößen ermittelt die Umrechnungseinrichtung 32 den Propellerblatteinstellwinkel  $\beta$  und den Brennstoffstrom  $w_F$  als Stellgrößen für das Propellertriebwerk 11. Hierbei wird vorzugsweise nach folgenden Modellgleichungen vorgegangen:

$$T = \beta^{E1} * n_P^{E2}$$
$$P = w_F^{E3} * n_P^{E4}$$

10

wobei gilt:

$P$  = Turbinenleistung, Ausgangsgröße des Drehzahlreglers,

$T$  = Drehmoment, Ausgangsgröße des Leistungsreglers,

15

$n_P$  = Propellerdrehzahl,

$w_F$  = Brennstoffstrom, gesuchte Stellgröße

$\beta$  = Propellerblatteinstellwinkel, gesuchte Stellgröße

$E1, E2, E3, E4$  = Exponenten des Modells.

20 Nach dem erfindungsgemäßen Aspekt der hier vorliegenden Erfindung werden in der Umrechnungseinrichtung 32 zur Ermittlung der Stellgrößen 14, 15 nicht nur die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 miteinander verrechnet, vielmehr wird zusätzlich in der Umrechnungseinrichtung 32 eine istwertabhängige Vorsteuerungskomponente berücksichtigt. Demnach werden Charakteristiken der

25 Mehrgrößenregelstrecke 11, im hier vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich um Charakteristiken der Turbine und des Propellers, in die Stellpfade des Mehrgrößenregelungssystems 10 eingeschleift.

Hierbei werden im gezeigten Ausführungsbeispiel Kennfelder des Propellers und der

30 Turbine berücksichtigt. Derartige Kennfelder werden aus der mathematischen bzw. systemdynamischen Modellierung der Mehrgrößenregelstrecke 11, im gezeigten Ausführungsbeispiel des Propellertriebwerks, gewonnen.

- Diesen Kennfeldern, die dem hier angesprochenen Fachmann geläufig sind, werden als Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 und zusätzlich die als Vorsteuerungskomponenten dienenden, gemessenen korrespondierenden Istwerte zugeführt. Zu den Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 wird die jeweilige Vorsteuerungskomponente addiert, und diese Summe wird dem entsprechenden Kennfeld als Eingangsgröße zugeführt. In diesem Zusammenhang gilt:

$$T = f(\beta, n_P, \dots) \text{ und } T = \Delta T + T_{\text{ist}}$$

$$P = f(w_F, n_P, \dots) \text{ und } P = \Delta P + P_{\text{ist}}$$

- 10 wobei gilt:

$$f(\beta, n_P, \dots), f(w_F, n_P, \dots) = \text{Kennfelder,}$$

$$T_{\text{ist}}, P_{\text{ist}} = \text{Vorsteuerungskomponenten.}$$

- 15 Daraus folgt dann:

$$\beta = f(\Delta T + T_{\text{ist}}, n_P, \dots)$$

$$w_F = f(\Delta P + P_{\text{ist}}, n_P, \dots)$$

- 20 Dies bedeutet, dass die Kennfelder nicht lediglich mit nominellen bzw. gemessenen Eingängen  $T_{\text{ist}}$  bzw.  $P_{\text{ist}}$  beaufschlagt werden, sondern zusätzlich mit dynamisch ermittelten Ausgangsgrößen der beiden Regler 28, 29. Die Ausgangsgrößen 30, 31 der beiden Regler 28, 29 werden durch die Kennfelder der Mehrgrößenregelstrecke 11 durchgeschleift und so einer weiteren Umrechnung unterzogen.

25

Das hier beschriebene Mehrgrößenregelungssystem 10 bzw. das Verfahren zum Regeln der Mehrgrößenregelstrecke 11 umfasst demnach die folgenden drei Blöcke:

- 30 Nach einem ersten Block werden die Ausgangsgrößen der Mehrgrößenregelstrecke 11, also die Regelgrößen 12, 13, sowie entsprechende Sollwerte 16, 17 für die Regelgrößen 12, 13 in Regelgrößen-Umrechnungseinrichtungen 18, 19 in Hilfs-Regelgrößen 20, 21 sowie entsprechende Sollwerte 22, 23 für die Hilfs-Regelgrößen umgerechnet. Nach einem zweiten Block der Erfindung werden die aus den Regelabweichungen 26, 27 der Hilfs-

Regelgrößen 20, 21 ermittelten Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 einer Umrechnungseinrichtung 32 zugeführt. In der Umrechnungseinrichtung 32 werden aus den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 die Stellgrößen 14, 15 für die Mehrgrößenregelstrecke 11 gebildet. Nach einem dritten Block der Erfindung wird in der Umrechnungseinrichtung 32 den Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 mindestens eine Vorsteuerungskomponente überlagert. Diese Vorsteuerungskomponente ist von der Modellierung der Mehrgrößenregelstrecke 11 abhängig. Bei den Vorsteuerungskomponenten handelt es sich um Kennfelder der Mehrgrößenregelstrecke 11, wobei als Eingangsgrößen für diese Kennfelder die dynamisch ermittelten Ausgangsgrößen 30, 31 der Regler 28, 29 und die gemessenen korrespondierenden Istwerte – sogenannte Vorsteuerungskomponenten – verwendet werden.

Unter Verwendung der Struktur des erfindungsgemäßen Mehrgrößenregelungssystems 10 lassen sich auf einfache Art und Weise Kopplungen zwischen den Stellgrößen 14, 15 und den Regelgrößen 12, 13 der Mehrgrößenregelstrecke 11 sowie Nichtlinearitäten im dynamischen Verhalten der Mehrgrößenregelstrecke 11 eliminieren. Das Mehrgrößenregelungsproblem der Mehrgrößenregelstrecke 11 lässt sich so auf entkoppelte, lineare Regelkreise mit einer Eingangsgröße sowie einer Ausgangsgröße zurückführen. Mit einfachen Regelgesetzen, zum Beispiel PID-Reglern, lässt sich dann eine zufriedenstellende Regelung der Mehrgrößenregelstrecke 11 über den gesamten Betriebsbereich der Mehrgrößenregelstrecke 11 realisieren.

Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem 10 lässt sich besonders vorteilhaft zur Regelung eines Propellertriebwerks einsetzen. Die bei einem Propellertriebwerk auftretenden starken Nichtlinearitäten im dynamischen Übertragungsverhalten sowie die starken Kopplungen zwischen den Stellgrößen und den Regelgrößen des Propellertriebwerks lassen sich unter Verwendung der Erfindung einfach eliminieren. Die Propellerdrehzahl  $n_P$  sowie die Propellerleistung  $P_{PR}$  lassen sich mithilfe der erfindungsgemäßen Regelgrößen-Umrechnung sowie Stellgrößen-Umrechnung voneinander entkoppeln und weitgehend linear regeln. Mit einem einfachen Satz an Reglerparametern lässt sich eine optimierte Regelung eines Propellertriebwerks über den gesamten Betriebsbereich des Propellertriebwerks erzielen. Das erfindungsgemäße Mehrgrößenregelungssystem 10 zeichnet sich durch ein robustes Reglerverhalten aus.



## Bezugszeichenliste

	Mehrgrößenregelungssystem	10
5	Mehrgrößenregelstrecke	11
	Regelgröße	12
	Regelgröße	13
	Stellgröße	14
	Stellgröße	15
10	Sollwert	16
	Sollwert	17
	Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung	18
	Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung	19
	Ausgangsgröße	20
15	Ausgangsgröße	21
	Ausgangsgröße	22
	Ausgangsgröße	23
	Vergleichseinrichtung	24
	Vergleichseinrichtung	25
20	Regelabweichung	26
	Regelabweichung	27
	Regler	28
	Regler	29
	Ausgangsgröße	30
25	Ausgangsgröße	31
	Stellgrößen-Umrechnungseinrichtung	32

## Patentansprüche

1. Mehrgrößenregelungssystem, mit einer Mehrgrößenregelstrecke (11), wobei die Mehrgrößenregelstrecke mehrere Stellgrößen (14, 15) als Eingangsgrößen und mehrere Regelgrößen (12, 13) als Ausgangsgrößen aufweist, mit mehreren Vergleichseinrichtungen (24, 25) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27), mit mehreren Reglern (28, 29), wobei jedem Regler (28, 29) eine Regelabweichung (26, 27) als Eingangsgröße zuführbar ist und mit einer Umrechnungseinrichtung (32), deren Eingangsgrößen die von den Reglern (28, 29) bereitgestellten Ausgangsgrößen (30, 31) sind, wobei die Umrechnungseinrichtung (32) zumindest aus den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) die Stellgrößen (14, 15) für die Mehrgrößenregelstrecke (11) berechnet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umrechnungseinrichtung (32) zur Berechnung der Stellgrößen (14, 15) den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) eine istwertabhängige Vorsteuerungskomponente überlagert.
2. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umrechnungseinrichtung (32) zur Berechnung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 32) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet.
3. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verrechnung der Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) von der Mehrgrößenregelstrecke (11) abhängig ist.
4. Mehrgrößenregelungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** eine erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19), wobei die Regelgrößen (12, 13) der ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangsgrößen zuführbar sind, und wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) aus den Regelgrößen (12, 13) Ausgangsgrößen (20, 21) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als erste Eingangsgrößen zuführbar sind.
5. Mehrgrößenregelungssystem nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** eine zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18), wobei Sollwerte (16, 17) der Regelgrößen (12, 13) der zweiten Regelgrößen-

P801007/WO/1

Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zuführbar sind, und wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) aus den Sollwerten (16, 17) Ausgangsgrößen (22, 23) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als zweite Eingangsgrößen zuführbar sind.

5

6. Mehrgrößenregelungssystem nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vergleichseinrichtungen (24, 25) die ersten Eingangsgrößen derselben mit korrespondierenden zweiten Eingangsgrößen derselben verrechnen, und dass die daraus resultierenden Regelabweichungen (26, 27) den Reglern (28, 29) als  
10 Eingangsgrößen zuführbar sind.

7. Verfahren zum Regeln einer Mehrgrößenregelstrecke, wobei der Mehrgrößenregelstrecke (11) mehrere Stellgrößen (14, 15) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei mehrere Regelgrößen (12, 13) als Ausgangsgrößen der  
15 Mehrgrößenregelstrecke (11) zur Ermittlung von Regelabweichungen (26, 27) miteinander verrechnet werden, und wobei jede Regelabweichung (26, 27) einem Regler (28, 29) als Eingangsgröße zugeführt wird, wobei einer Umrechnungseinrichtung (32) von den Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) als Eingangsgrößen zugeführt werden und  
20 in der Umrechnungseinrichtung (32) zumindest aus den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) die Stellgrößen (14, 15) für die Mehrgrößenregelstrecke (11) berechnet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Berechnung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) zusätzlich mit einer istwertabhängigen Vorsteuerungskomponente verrechnet werden.

25 8. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung der Stellgrößen (14, 15) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass die  
30 Regelgrößen (12, 13) der Mehrgrößenregelstrecke (11) einer ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) aus den Regelgrößen (12, 13) Ausgangsgrößen

(20, 21) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als erste Eingangsgrößen zugeführt werden.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sollwerte (16, 17) der Regelgrößen einer zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) aus den Sollwerten (16, 17) Ausgangsgrößen (22, 23) ermittelt, die den Vergleichseinrichtungen (24, 25) als zweite Eingangsgrößen zugeführt werden.

10

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Eingangsgrößen der Vergleichseinrichtungen (24, 25) und die korrespondierenden zweiten Eingangsgrößen derselben verrechnet werden, und dass die daraus resultierenden Regelabweichungen (26, 27) den Reglern (28, 29) als Eingangsgrößen zugeführt werden.

15

12. Verfahren zum Regeln eines Propellertriebwerks, wobei als Regelgrößen eine Propellerdrehzahl (12) und eine Propellerleistung (13) geregelt werden, wobei dem Propellertriebwerk (11) als Stellgrößen ein Propellerblatteinstellwinkel (14) und ein Brennstoffstrom (15) zugeführt werden, wobei zur Ermittlung des Propellerblatteinstellwinkels (14) und des Brennstoffstroms (15) von Reglern (28, 29) bereitgestellte Ausgangsgrößen (30, 31) einer Umrechnungseinrichtung (32) als Eingangsgrößen zugeführt werden und die Umrechnungseinrichtung (32) aus den Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) den Propellerblatteinstellwinkel (14) und den Brennstoffstrom (15) als Stellgrößen ermittelt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Umrechnungseinrichtung (32) die Ausgangsgrößen (30, 31) der Regler (28, 29) miteinander verrechnet und zusätzlich mit einer istwertabhängigen Vorsteuerungskomponente verrechnet werden.

25

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Propellerdrehzahl (12) und die Propellerleistung (13) als Regelgrößen des Propellertriebwerks (11) einer ersten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (19) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die erste Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung

30

(19) als Ausgangsgrößen Istwerte für die Propellerdrehzahl (20) und eine Turbinenleistung (21) bereitstellt.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sollwerte für die Propellerdrehzahl (16) und die Propellerleistung (17) einer zweiten Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Eingangsgrößen zugeführt werden, wobei die zweite Regelgrößen-Umrechnungseinrichtung (18) als Ausgangsgrößen Sollwerte für die Propellerdrehzahl (22) und eine Turbinenleistung (23) bereitstellt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Istwerten und den korrespondierenden Sollwerten für die Propellerdrehzahl und die Turbinenleistung entsprechende Regelabweichungen (26, 27) ermittelt werden, wobei die Propellerdrehzahl-Regelabweichung (26) einem Drehzahlregler (28) und die Turbinenleistung- Regelabweichung (27) einem Leistungsregler (29) zugeführt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehzahlregler (28) als Ausgangsgröße eine Drehmomentanforderung (30) und der Leistungsregler (29) als Ausgangsgröße eine Turbinenleistungsanforderung (31) bereitstellt, wobei in der Umrechnungseinrichtung (32) aus der Drehmomentanforderung (30) und der Turbinenleistungsanforderung (31) der Propellerblatteinstellwinkel (14) und der Brennstoffstrom (15) ermittelt werden.

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/EP2003/010651



# PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference P801007/WO/1	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP2003/010651	International filing date (day/month/year) 25 September 2003 (25.09.2003)	Priority date (day/month/year) 08 October 2002 (08.10.2002)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G05B 11/32		
Applicant MTU AERO ENGINES GMBH		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).  These annexes consist of a total of <u>16</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:  I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 12 March 2004 (12.03.2004)	Date of completion of this report 22 February 2005 (22.02.2005)
Name and mailing address of the IPEA/EP  Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP2003/010651

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages \_\_\_\_\_, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 1-12, filed with the letter of 11 October 2004 (11.10.2004),  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-16, filed with the letter of 11 October 2004 (11.10.2004),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/1, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

 International Application No.  
 PCT/EP 03/10651

**V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-16	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

1. Claim 7 is unclear (PCT Article 6). The reasons are:

- a) Claim 7, lines 14-16, specifies that the controlled variables (12, 13) for determining control deviations (26, 27) are offset against each other. However, this does not appear to be the case, as outlined below.
- b) It follows from page 5, line 8, of the description that controlled variable 12 corresponds to the speed of the propeller ( $n_p$ ). According to figure 1 (controlled variable conversion device 19), propeller speed is transmitted as input signal 12.
- c) It follows from page 6, lines 8-11, of the description that controlled variable conversion device 19 emits controlled variable 12 (namely, propeller speed  $n_p$ ) as output variable 20.
- d) In the case of controlled variable 12 this means that no offsetting against the other controlled variable (controlled variable 13) for the purpose of determining control deviations (26, 27) takes



place.

2. The characterizing part of independent claim 1 specifies that an actual value-dependent pilot control component is superimposed on the output variables (30, 31) of the controllers (28, 29). However, the characterizing part of independent claims 7 and 12 specifies that the output variables (30, 31) of the controllers (28, 29) are offset against an actual value-dependent pilot control component. Consequently, the set of claims does not meet the requirements of PCT Article 6, since the terminology used to define a feature necessary for the definition of the invention is not uniformly applied.
3. This report makes reference to the following document:  
  
D1: WADE H L: 'INVERTED DECOUPLING: A NEGLECTED TECHNIQUE' ADVANCES IN INSTRUMENTATION AND CONTROL, INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, RESEARCH TRIANGLE PARK, US, vol. 51, no. PART 1, 1996, pages 357-369, XP000640494 ISSN: 1054-0032
4. D1 is considered to represent the closest prior art. Independent claims 1, 7 and 12 have been drafted in the correct two-part form in relation to D1 (PCT Rule 6.3(b)).
5. Independent claims 1, 7 and 12 specify that an actual value-dependent pilot control component is used to calculate the correcting variables (14, 15) on the basis of the output variables (30, 31) of the controllers (28, 29).

6. Owing to this feature, in combination with the other features of the independent claims, the nonlinearity of the control system is balanced. To achieve this effect in this manner is considered non-obvious in light of the prior art and the general knowledge of a person skilled in the art. Therefore, independent claims 1, 7 and 12 meet the requirements of PCT Article 33(3).
7. On entering the national or the regional phase, in particular before the European Patent Office, amendments should be made to eliminate the objections raised in points 1 and 2 of this report. Further, the remaining dependent claims should be brought into line with the new independent claims 1, 7 and 12.